

© EPODOC / EPO

PN - JP2002318256 A 20021031
PD - 2002-10-31
PR - JP20010126233 20010424
OPD - 2001-04-24
TI - TOTAL CHARACTERISTICS CALCULATOR FOR AMPLIFIER
IN - YAMAUCHI KAZUHIKASAMORI KAZUTOMI;YAMANAKA KOJI;HIEDA
MORISHIGE;TAKAGI SUNAO
PA - MITSUBISHI ELECTRIC CORP
IC - G01R31/00 ; G01R27/28 ; H03F3/68

© WPI / DERWENT

TI - Overall characteristics calculation apparatus for amplifier,
calculates S-parameter of unit amplifier based on load pull data and
compares calculated parameter with predetermined S-parameter
PR - JP20010126233 20010424
PN - JP2002318256 A 20021031 DW200301 G01R31/00 015pp
PA - (MITQ) MITSUBISHI ELECTRIC CORP
IC - G01R27/28 ;G01R31/00 ;H03F3/68
AB - JP2002318256 NOVELTY - A calculation unit (8) calculates the
amount of power consumption, phase variation and S-parameter of
an unit amplifier, based on load pull data. A data processor (9)
compares the calculated S-parameter and predetermined
S-parameter and measures reflection co-efficient of the amplifier.
- USE - For calculating overall characteristics of amplifier used in
microwave and millimeter waveband apparatuses.
- ADVANTAGE - Calculation is performed accurately within a short
time period.
- DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a flowchart of
overall characteristics calculation process. (Drawing includes
non-English language text).
- Calculation unit 8
- Data processor 9
- (Dwg.1/20)
OPD - 2001-04-24
AN - 2003-008093 [01]

© PAJ / JPO

PN - JP2002318256 A 20021031
PD - 2002-10-31

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- AP - JP20010126233 20010424
- IN - YAMAUCHI KAZUHI~~S~~MORI KAZUTOMI~~Y~~AMANAKA KOJI~~H~~IEDA
MORISHIGE~~T~~AKAGI SUNAO
- PA - MITSUBISHI ELECTRIC CORP
- TI - TOTAL CHARACTERISTICS CALCULATOR FOR AMPLIFIER
- AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a total characteristic calculator for amplifier wherein the measuring time can be markedly reduced while maintaining calculation accuracy and the temperature dependence or frequency dependence in the total characteristics of the whole of an amplifier can be calculated.
- SOLUTION: This is a total characteristics calculator that calculates the total characteristics of the whole of an amplifier wherein multiple amplifier units are connected in series or in parallel. The total characteristics calculator is provided with a calculating means⁸ that calculates at least one of a gain, an output, a consumption power, a phase variation amount, and an S parameter by using load-pull data and the S parameter of each of the amplifier units by taking into account a reflection coefficient of a load connected to the input/output of each of the amplifier units and a data processing means⁹ that estimates the load-pull data and the S parameter to be used in the calculation by the calculating means⁸ based on the load-pull data and the S parameter obtained by the measurement.
- I - G01R31/00 ;G01R27/28 ;H03F3/68

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-318256
(P2002-318256A)

(43) 公開日 平成14年10月31日 (2002. 10. 31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 1 R 31/00		G 0 1 R 31/00	2 G 0 2 8
	27/28	27/28	Z 2 G 0 3 6
H 0 3 F 3/68		H 0 3 F 3/68	Z 5 J 0 6 9

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-126233 (P2001-126233)

(22) 出願日 平成13年4月24日 (2001. 4. 24)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 山内 和久

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 森 一富

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外4名)

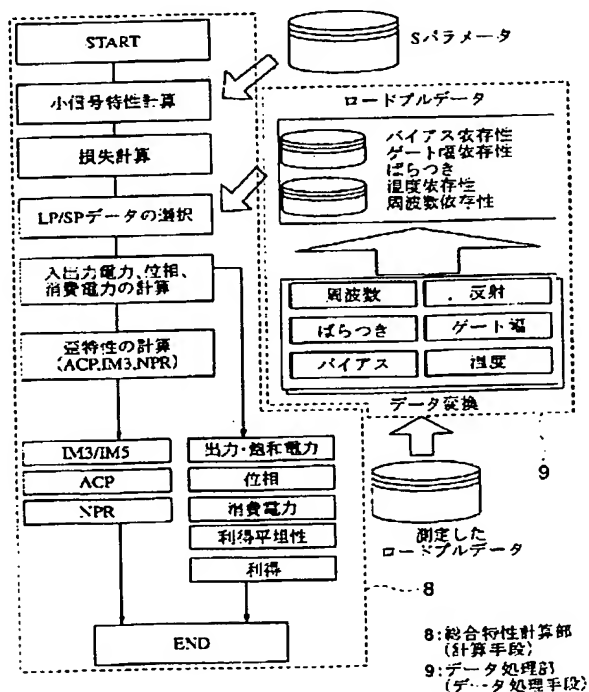
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 増幅器の総合特性計算装置

(57) 【要約】

【課題】 計算精度を保持しながら、測定時間を大幅に短縮することができ、増幅器全体の総合特性の温度依存性や周波数依存性などを計算することが可能となる増幅器の総合特性計算装置を得る。

【解決手段】 単位増幅器が多段に縦続または並列接続された増幅器全体の総合特性を計算する増幅器の総合特性計算装置であって、各段の単位増幅器のロードブルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器の入出力に接続される負荷の反射係数を考慮に入れて、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータのいずれか少なくとも1つを計算する計算手段8と、計算手段8が計算に用いるロードブルデータおよびSパラメータを、測定によって得られるロードブルデータおよびSパラメータから推定するデータ処理手段9とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単位増幅器が多段に縦続または並列接続された増幅器全体の総合特性を計算する増幅器の総合特性計算装置であって、

各段の単位増幅器のロードプルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器の入出力に接続される負荷の反射係数を考慮に入れて、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータのいずれか少なくとも1つを計算する計算手段と、

上記計算手段が計算に用いるロードプルデータおよびSパラメータを、測定によって得られるロードプルデータおよびSパラメータから推定するデータ処理手段とを備えたことを特徴とする増幅器の総合特性計算装置。

【請求項2】 請求項1に記載の増幅器の総合特性計算装置において、

上記計算手段は、周波数が隣接する2波の信号、デジタル変調波、雑音に見立てたマルチキャリア信号を増幅した際に発生する相互変調歪み、または隣接チャンネル漏洩電力、またはノイズ・パワー・レシオを計算することを特徴とする増幅器の総合特性計算装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の増幅器の総合特性計算装置において、

上記増幅器の前段に周波数変換回路または変調回路が接続され、

上記計算手段は、上記周波数変換回路または上記変調回路を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算することを特徴とする増幅器の総合特性計算装置。

【請求項4】 請求項1または2に記載の増幅器の総合特性計算装置において、

上記増幅器の前段に可変減衰器または移相器が接続され、

上記計算手段は、上記可変減衰器または上記移相器を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算することを特徴とする増幅器の総合特性計算装置。

【請求項5】 請求項1または2に記載の増幅器の総合特性計算装置において、

整合回路が集中定数素子、分布定数素子またはSパラメータで定義され、

上記計算手段は、上記整合回路を構成する素子の直または回路構成を変えながら、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算することを特徴とする増幅器の総合特性計算装置。

【請求項6】 請求項5に記載の増幅器の総合特性計算装置において、

上記計算手段は、ロードプルデータおよびSパラメータに対して、増幅器の総合特性を複数回計算する前にあらかじめ

かじめデータ処理を実行しておき、その後、総合特性を求める計算のみを連続して行うことを特徴とする増幅器の総合特性計算装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波、ミリ波帯で使用される増幅器の総合特性を計算する増幅器の総合特性計算装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図19は例えば特開平11-248774号公報に開示された従来の増幅器の総合特性測定方法を説明するためのもので、2個の単位増幅器を縦続接続してなる増幅器の構成図(a)と説明に供する表(b)を示している。

【0003】図19の(a)において、101は入力端子、102は出力端子、103はドライバ段増幅器、104はパワー段増幅器を示す。なお、この従来例では、単位増幅器を2段接続した場合について述べるが、多段の場合についても適用できる。

【0004】図示されるように、2個の単位増幅器(ドライバ段増幅器およびパワー段増幅器)を単純に縦続接続された2段増幅器の利得、出力、効率、位相変化量の計算について述べる。ドライバ段増幅器103から電源側を見た反射係数を $\Gamma_i(1)$ 、負荷側を見た反射係数を $\Gamma_o(1)$ 、また、パワー段増幅器104から電源側を見た反射係数を $\Gamma_i(2)$ 、負荷側を見た反射係数を $\Gamma_o(2)$ とする。2段増幅器の利得、出力、効率、位相変化量の計算に必要なドライバ段増幅器103およびパワー段増幅器104の利得 $G(1)$ 、 $G(2)$ 、消費電力 $P_{dc}(1)$ 、 $P_{dc}(2)$ 、入力電力 $P_{in}(1)$ 、 $P_{in}(2)$ 、出力電力 $P_{out}(1)$ 、 $P_{out}(2)$ 、位相変化量 $\phi(1)$ 、 $\phi(2)$ はロードプルデータから得られるものであり、図19の(b)に示した記号および単位で表現する。

【0005】2段増幅器の利得、出力、効率、位相変化量の計算の基本は、まず、ドライバ段103およびパワー段増幅器104の入出力電力、入出力負荷の反射係数を計算してから、次に、利得、効率、位相変化量を計算する。2段増幅器の出力電力を計算するフローチャートを図20に示す。図20に示すように、最初に、2段増幅器(SSPA)の入力電力 P_{in} を設定する(ステップS11)。入力電力 P_{in} はドライバ段増幅器103のロードプルデータが存在する範囲に限られる。ドライバ段増幅器103の入力電力 $P_{in}(1)$ は、入力回路が接続されていないので、 $P_{in}(1) = P_{in}$ となる(ステップS12)。

【0006】次に、ドライバ段増幅器103に接続される入出力負荷の影響を考慮するために入出力負荷の反射係数を計算する。入力側は50Ωであるので、 $\Gamma_i(1) = 0$ である。出力側はパワー段増幅器104が接

続されているので、 $\Gamma_o(1) = S_{11}(2)$ となる。 $S_{11}(2)$ はパワー増幅器104の入力電力 $P_{in}(2)$ のレベルに依存して変化するので、ここでは、初期値 $P_{in}(2)$ 'として線形動作を仮定し、 $P_{in}(2)' = -100\text{ dBm}$ としている(ステップS13、S14)。

【0007】ドライバ増幅器103の入力電力 $P_{in}(1)$ および入出力負荷($\Gamma_i(1)$ 、 $\Gamma_o(1)$)が決まったので、ロードプルデータから入出力特性のデータ($P_{out}(1)$ 、 $P_{dc}(1)$ 、 $G(1)$ 、 $\phi(1)$)を読み込む。図20において、 f_1 はロードプルデータからの読み込みを意味する。パワー増幅器104の入力電力 $P_{in}(2)$ は、ドライバ増幅器103とパワー増幅器104の間に何も接続されていないので、 $P_{in}(2) = P_{out}(1)$ となる。ここで、初期値 $P_{in}(2)$ 'と比較を行い、 $P_{in}(2)$ と $P_{in}(2)'$ が異なれば、また、ドライバ増幅器103の入出力負荷の計算のところに戻り、 $P_{in}(2) = P_{in}(2)'$ が得られるまで計算を繰り返す(ステップS15からS17)。

【0008】次に、パワー増幅器104に接続される入出力負荷の影響を考慮するために入出力負荷の反射係数を計算する。入力側はドライバ増幅器103が接続されているので、 $\Gamma_i(2) = S_{22}(1)$ となる。出力側は 50Ω であるので、 $\Gamma_o(2) = 0$ である(ステップS18)。パワー増幅器104の入力電力 $P_{in}(2)$ および入出力負荷($\Gamma_i(2)$ 、 $\Gamma_o(2)$)が決まったので、ロードプルデータから入出力特性のデータ($P_{out}(2)$ 、 $P_{dc}(2)$ 、 $G(2)$ 、 $\phi(2)$)を読み込む。図20において、 $f(2)$ はロードプルデータからの読み込みを意味する。2段増幅器の出力電力 P_{out} は、パワー増幅器104に出力回路が接続されていないので、 $P_{out} = P_{out}(2)$ となる(ステップS19、S20)。

【0009】このようにして、あらかじめ測定しておいた各段の単位増幅器のロードプルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器に入出力に接続される負荷の反射係数を考慮して増幅器全体総合特性、つまり、利得、出力、効率、位相変化量、安定係数、Sパラメータ、歪み特性の総合特性を求めることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来例は、各段の単位増幅器のロードプルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器の入出力に接続される負荷を考慮に入れて、増幅器全体総合特性を計算する事ができる。しかし、測定条件や各単位増幅器ごとにロードプルデータおよびSパラメータの測定が必要となるため、単位増幅器から構成される増幅器全体の総合特性の温度依存性や周波数依存性などを計算する場合、温度や周波数ごとに各段の単位増幅器のロードプルデータおよびSパラメータの測定が必要となり、きわめて多大な測定時間を必要とする問題点がある。

【0011】そこで、測定時間を短縮するために、各段の単位増幅器のロードプルデータを測定する負荷点の点数を削減することが考えられるが、点数を削減すると計算精度の低下を招く。一般に、精度の良い計算結果を得るためには単位増幅器のロードプルデータを多くの負荷点において測定する必要がある、測定時間と測定精度は相反する。

【0012】本発明では、計算に用いるロードプルデータおよびSパラメータを、測定によって得られるロードプルデータおよびSパラメータから推定するデータ処理手段を備えることで、計算に必要な測定数、測定条件を大幅に削減する事が可能となる。これにより、計算精度を保持しながら、測定時間を大幅に短縮することができ、増幅器全体の総合特性の温度依存性や周波数依存性などを計算することが可能となる。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明に係る増幅器の総合特性計算装置は、単位増幅器が多段に縦続または並列接続された増幅器全体の総合特性を計算する増幅器の総合特性計算装置であって、各段の単位増幅器のロードプルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器の入出力に接続される負荷の反射係数を考慮に入れて、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータのいずれか少なくとも1つを計算する計算手段と、計算手段が計算に用いるロードプルデータおよびSパラメータを、測定によって得られるロードプルデータおよびSパラメータから推定するデータ処理手段とを備えている。

【0014】また、計算手段は、周波数が隣接する2波の信号、デジタル変調波、雑音に見立てたマルチキャリア信号を増幅した際に発生する相互変調歪み、または隣接チャンネル漏洩電力、またはノイズ・パワー・レシオを計算する。

【0015】また、増幅器の前段に周波数変換回路または変調回路が接続され、計算手段は、周波数変換回路または変調回路を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪み特性のいずれか少なくとも1つを計算する。

【0016】また、増幅器の前段に可変減衰器または移相器が接続され、計算手段は、可変減衰器または移相器を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪み特性のいずれか少なくとも1つを計算する。

【0017】また、整合回路が集中定数素子、分布定数素子またはSパラメータで定義され、計算手段は、整合回路を構成する素子の値または回路構成を変えながら、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪み特性のいずれか少なくとも1つを計算する。

【0018】さらに、計算手段は、ロードプルデータお

よびSパラメータに対して、増幅器の総合特性を複数回計算する前にあらかじめデータ処理を実行しておき、その後、総合特性を求める計算のみを連続して行う。

【0019】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1は本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態1の計算アルゴリズムを示すフローチャートである。図1において、8は計算手段としての総合特性計算部、9はデータ処理手段としてのデータ処理部である。図2に総合特性を計算する増幅器の構成を示す。図2の増幅器は単位増幅器が2つ縦続に接続された増幅器であるが、さらに、多段構成になっても図1に示した計算アルゴリズムで総合特性を計算することは可能である。図1に示した計算アルゴリズムの適用例として、本実施の形態では2つの単位増幅器から構成される増幅器について説明する。

【0020】図2において、1は入力整合回路、2は単位増幅器、3は段間整合回路、4は単位増幅器、5は出力整合回路、6は入力端子、7は出力端子である。また、 Γ_{2i} は単位増幅器2から入力側をみた反射係数、 Γ_{2o} は単位増幅器2から出力側をみた反射係数、 Γ_{4i} は単位増幅器4から入力側をみた反射係数、 Γ_{4o} は単位増幅器4から出力側をみた反射係数である。

【0021】図2の増幅器を図1に示した計算アルゴリズムを用いて総合特性を計算する場合の計算の動作について説明する。本計算の流れは、総合特性計算部8とデータ処理部9の2つの部分から構成される。

【0022】まず、計算手段としての総合特性計算部8について説明する。総合特性計算部8では、はじめにあらかじめ測定された各単位増幅器2、4のSパラメータおよび入力整合回路1、段間整合回路3、出力整合回路5のSパラメータを用い、図2に示した増幅器の小信号利得特性、反射特性を計算すると共に、単位増幅器2、4から入力側、及び出力側をみた反射係数 Γ_{2i} 、 Γ_{2o} 、 Γ_{4i} 、 Γ_{4o} を計算する。ここで、増幅器の小信号利得特性、反射特性は、単位増幅器2のSパラメータ $S(2)$ 、単位増幅器4のSパラメータ $S(4)$ 、入力整合回路のSパラメータ $S(1)$ 、段間整合回路のSパラメータ $S(3)$ 、出力整合回路のSパラメータ $S(5)$ をF行列に変換した $F(2)$ 、 $F(4)$ 、 F

(1)、 $F(3)$ 、 $F(5)$ を用いて計算することができる。

【0023】

【数1】

$$F = F(1)F(2)F(3)F(4)F(5) \quad \text{式1}$$

【0024】式1で示した行列FをSパラメータに変換することで、増幅器の小信号利得特性、反射特性を得る。また、単位増幅器2、4から入力側、及び出力側をみた反射係数 Γ_{2i} 、 Γ_{2o} 、 Γ_{4i} 、 Γ_{4o} は、 $F(2)$ 、 $F(4)$ 、 $F(1)$ 、 $F(3)$ 、 $F(5)$ を用いて次の手順で求めることができる。

【0025】

【数2】

$$F(2i) = F(1) \quad \text{式2}$$

【数3】

$$F(2o) = F(3)F(4)F(5) \quad \text{式3}$$

【数4】

$$F(4i) = F(1)F(2)F(3) \quad \text{式4}$$

【数5】

$$F(4o) = F(5) \quad \text{式5}$$

【0026】上記式2から5で得られたF行列 $F(2i)$ 、 $F(2o)$ 、 $F(4i)$ 、 $F(4o)$ をSパラメータに変換することで、単位増幅器2、4から入力側、及び出力側をみた反射係数 Γ_{2i} 、 Γ_{2o} 、 Γ_{4i} 、 Γ_{4o} を求めることができる。次に、測定された入出力整合回路、段間回路のSパラメータ $S(1)$ 、 $S(3)$ 、 $S(5)$ および単位増幅器から入力側、及び出力側をみた反射係数 Γ_{2i} 、 Γ_{2o} 、 Γ_{4i} 、 Γ_{4o} を用いて、入出力整合回路、段間回路の損失を計算する。入力整合回路の損失 $loss(1)$ 、出力整合回路の損失 $loss(5)$ 、段間回路の損失 $loss(3)$ は次式を用いて計算することができる。

【0027】

【数6】

$$loss(1) = 10 \log \left(\frac{(1 - |\Gamma_{2i}|^2) \cdot |S_{21}(1)|^2}{|1 - \Gamma_{2i} \cdot S_{22}(1)|^2} \right) \quad \text{式6}$$

【数7】

$$loss(3) = 10 \log \left(\frac{(1 - |\Gamma_{2o}|^2) \cdot (1 - |\Gamma_{4i}|^2) \cdot |S_{21}(3)|^2}{|(1 - \Gamma_{2o} \cdot S_{11}(1)) \cdot (1 - \Gamma_{4i} \cdot S_{22}(3)) - S_{12}(3)S_{21}(3)\Gamma_{2o}\Gamma_{4i}|^2} \right) \quad \text{式7}$$

【数8】

$$loss(5) = 10 \log \left(\frac{(1 - |\Gamma_{4o}|^2) \cdot |S_{21}(5)|^2}{|(1 - \Gamma_{4o} \cdot S_{11}(5))|^2} \right) \quad \text{式8}$$

【0028】次に、単位増幅器の入力電力、出力電力、位相変化量、利得、電力効率に関する特性を示す入出

力、位相、効率特性を入出力の反射係数を変えて測定したデータ、つまり、単位増幅器のロードプルデータの中から、単位増幅器2、4から入力側、及び出力側をみた反射係数を有する入出力、位相、効率特性を選択する。所望の反射特性を有する入出力、位相、効率特性がない場合、各単位増幅器の反射係数に最も近いインピーダンスで測定した入出力、位相、効率特性を選択する。選択

方法について述べる。

【0029】単位増幅器の入力反射係数 Γ_i および、ロードプルデータで測定された反射係数 Γ_s をそれぞれインピーダンス Z_s 、 Z_i に変換する。そして、単位増幅器の入力インピーダンス Z_s を特性インピーダンスとし

$$|\Gamma_i|^2 = \frac{\left| \frac{Z_i - Z_s}{Z_i + Z_s} \right|^2}{\frac{\left| \frac{1 + \Gamma_i}{1 - \Gamma_i} - \frac{1 + \Gamma_s}{1 - \Gamma_s} \right|^2}{\frac{1 + \Gamma_i}{1 - \Gamma_i} + \frac{1 + \Gamma_s}{1 - \Gamma_s}}} \quad \therefore Z_i = \frac{1 + \Gamma_i}{1 - \Gamma_i} \quad \text{式9}$$

$$Z_i = \frac{1 + \Gamma_i}{1 - \Gamma_i}$$

【0031】この計算を出力側に対しても行い、単位増幅器の出力インピーダンスを特性インピーダンスとして、ロードプルデータで測定されたインピーダンスにおける反射係数 Γ_2 を求める。反射係数 Γ_1 、 Γ_2 を求める操作をロードプルデータの各測定点の数だけ行い、 $|\Gamma_1|^2 + |\Gamma_2|^2$ が最小となる単位増幅器のロードプルデータを選択する。これによって、各単位増幅器の反射係数に最も近いインピーダンスで測定した入出力、位相、効率特性を選択する。

【0032】次に、選択された入出力、位相、効率特性と入出力整合回路、段間回路の損失を用いて、増幅器の入出力、位相、効率特性を計算する。単位増幅器2の利

$$G = \text{loss}(1) + G(2) + \text{loss}(3) + G(4) + \text{loss}(5) \quad \text{式10}$$

$$= P_{out} - P_{in}$$

【数11】

$$Phase = \text{phase}(2) + \text{phase}(4) \quad \text{式11}$$

【数12】

$$E_{add} = \frac{\frac{P_{out} - 30}{10} - \frac{P_{in} - 30}{10}}{P_{dc}(2) + P_{dc}(4)} \times 100 \quad \text{式12}$$

【0034】次に、データ処理手段としてのデータ処理部9について説明する。前記の総合特性計算部で用いられる単位増幅器のロードプルデータは、測定によって得られるロードプルデータおよびSパラメータを基に、計算によって推定して得たロードプルデータである。データ処理部で行われる計算は内挿法に基づいており、2つの測定値から内挿により所望の計算値を得る。ロードプルデータのデータ処理の対象として、反射係数、周波数、単位増幅器の特性の個体ばらつき、単位増幅器のゲート幅、単位増幅器のバイアス条件、温度特性などがある。

【0035】ロードプルデータの反射係数に対してデータ処理を行うことで、ロードプルデータ中の負荷点2つにおける入出力、位相、効率特性から、その間にある負荷点での単位増幅器の入出力、位相、効率特性を算出することができる。ロードプルデータの周波数に対してデータ処理を行うことで、あらかじめ測定した2つの周波

で、ロードプルデータで測定されたインピーダンス Z_i における反射係数 Γ_1 を求める。

【0030】

【数9】

得を $G(2)$ [dB]、位相変化量を $Phase(2)$ [deg]、消費電力を $P_{dc}(2)$ [W]、単位増幅器4の利得を $G(4)$ [dB]、位相変化量を $Phase(4)$ [deg]、消費電力を $P_{dc}(4)$ [W]とし、増幅器に入力する電力を P_{in} [dB]、増幅器から得られる出力電力を P_{out} [dB]、増幅器の位相変化量を $Phase$ [deg]、電力付加効率を E_{add} [%]とした場合、増幅器の入出力、位相、効率特性は次のようにして求められる。

【0033】

【数10】

数でのロードプルデータから、その間の周波数における単位増幅器のロードプルデータを算出することができる。

【0036】単位増幅器の特性の個体ばらつきに対してロードプルデータのデータ処理を行うことで、ロードプルデータの入出力の負荷点の位置や単位増幅器の利得、飽和電力、位相変化量、消費電力等を変化させたロードプルデータを得ることができる。

【0037】単位増幅器のゲート幅に対してロードプルデータのデータ処理を行うことで、あらかじめ測定した2つのゲート幅でのロードプルデータからその間のゲート幅を持つ単位増幅器のロードプルデータを算出することができる。単位増幅器のバイアス条件に対してロードプルデータのデータ処理を行うことで、あらかじめ測定した2つのバイアス条件でのロードプルデータからその間にあるバイアス条件でのロードプルデータを算出することができる。

【0038】単位増幅器の温度に対してロードプルデータのデータ処理を行うことで、あらかじめ測定した2つの温度でのロードプルデータからその間にある温度でのロードプルデータを算出することができる。単位増幅器のゲート幅に対するロードプルデータのデータ処理および、ロードプルデータの反射係数に対するデータ処理の具体的な算出方法について、以下に記す。

【0039】はじめに、単位増幅器のゲート幅に対する

ロードブルデータのデータ処理の具体的方法について述べる。まず、小信号Sパラメータの変換方法について述べる。ゲート幅 W_g [mm]である電界効果トランジスタの y パラメータが y_{11} , y_{21} , y_{12} , y_{22} で与えられるとき、電界効果トランジスタの寄生部分を無視するとゲート幅を n 倍にしたときの y パラメータ y_{11}' , y_{21}' , y_{12}' , y_{22}' はスケーリング則により、次式のように表せる。

【0040】

【数13】

$$\begin{aligned} y_{11}' &= ny_{11}, & y_{21}' &= ny_{21} \\ y_{12}' &= ny_{12}, & y_{22}' &= ny_{22} \end{aligned} \quad \text{式 13}$$

【0041】この y パラメータをSパラメータに変換することで、ゲート幅 nW_g [mm]のSパラメータ S_{11}' , S_{21}' , S_{12}' , S_{22}' が得られる。ここで、ゲート幅の増加による利得の低下を考慮することで、一層精度向上を図ることができる。ゲート幅と最大安定利得 (MSG: Maximum Stable Gain) の関係が図3で表される場合、ゲート幅 W_g の利得に対するゲート幅 nW_g の利得差 ΔG [dB]は $\Delta G = G_{nw_g} - G_{w_g}$ で表される。デバイス寸法が大きくなることに伴い、利得が低下する原因として、電界効果トランジスタ内部のユニットフィンガーごとの入出力信号に位相差が生じ、利得が減少することが挙げられる。ゲート幅増加による利得低下を考慮したSパラメータ S_{11}'' , S_{21}'' , S_{12}'' , S_{22}'' は次式のように表される。

【0042】

【数14】

$$\begin{aligned} S_{11}'' &= S_{11}', & S_{21}'' &= S_{21}' 10^{\frac{\Delta G}{20}} \\ S_{12}'' &= S_{12}', & S_{22}'' &= S_{22}' \end{aligned} \quad \text{式 14}$$

【0043】次に大信号特性について述べる。ゲート幅 W_g [mm]である電界効果トランジスタの入力電力、出力電力、位相変化量が P_{inwg} [dB], P_{outwg} [dB], $Phasewg$ [deg]で表されるとき、ゲート幅 nW_g [mm]である電界効果トランジスタの入力電力 P_{innwg} [dB]、出力電力 P_{outnwg} [dB]、位相変化量 $Phasennwg$ [deg]はゲート幅の増加による利得および飽和電力の低下を考慮し、次式で表される。

【0044】

【数15】

$$\begin{aligned} P_{innwg} &= P_{inwg} + \left(10 \log n + \frac{1}{2} \Delta G \right) \\ P_{outnwg} &= P_{outwg} + \left(10 \log n - \frac{1}{2} \Delta G \right) \\ Phase_{nnwg} &= Phase_{wg} \end{aligned} \quad \text{式 15}$$

【0045】ここで、ゲート幅増加による利得差は電界効果トランジスタの入出力の合成分配損によって発生するものと仮定し、それぞれ損失は $1/2 \Delta G$ とした。上式に基づき、ロードブルデータを変換することによって、ゲート幅に関して、データを変換する計算することができる。

【0046】上記計算手法に基づき、単位増幅器を構成するトランジスタのゲート幅に対してデータ変換を行った。ゲート幅に関するロードブルデータの変換は周波数950MHzにおいて行い、ゲート幅6mmの電界効果トランジスタのロードブルデータからゲート幅30mmのロードブルデータを計算した。図4に飽和電力の計算値と測定値を示す。良好な一致が見られており、本計算法の妥当性を確認した。

【0047】次に、ロードブルデータの反射係数に対するデータ処理の具体的方法について述べる。まず、入力側および出力側の反射係数平面を実部ND分割、虚部ND分割する。ここでは $ND=25$ とした。求めたい反射係数が内挿となるように複素平面での距離が近い順に反射係数を入出力それぞれ3つ選択する。この時、内挿となる測定データが存在しない場合や反射係数の絶対値が1を超える反射係数点および外挿点は、データの精度、信頼性の観点から問題があると考えられるので除外する。

【0048】まず、はじめに、選択した入力側の反射係数3点を用いて、入力側の反射係数を補間する方法について述べる。図5に入力反射係数を補間する際の模式図を示す。IN1, 2, 3は上記で選ばれた入力側の3点であり、OUT1, 2, 3は出力側の3点である。INiは求めたい入力側の反射係数であり、OUTiは求めたい出力側の点である。入出力の反射係数がINiとOUT1である入出力、位相、効率特性はIN1, 2, 3とOUT1における入出力、位相、効率特性から計算することができる。本計算手法では反射係数と入出力、位相、効率特性の関係を平面近似で関係づけ、補間を行っている。入力側の3点IN1, 2, 3の反射係数を各々 $\Gamma 1$, $\Gamma 2$, $\Gamma 3$ とし、点IN1, 2, 3での利得や出力電力などの値を $P 1$, $P 2$, $P 3$ とすると、点IN1, 2, 3を通過する平面は次式のように示される。

【0049】

【数16】

$$P = A1 * X + B1 * Y + C1 \quad \text{式 16}$$

【0050】ここで、

【0051】

【数17】

$$\begin{aligned}
 A1 &= \frac{-Y2 \cdot P1 + Y3 \cdot P1 + Y1 \cdot P2 - Y3 \cdot P2 - Y1 \cdot P3 + Y2 \cdot P3}{X2 \cdot Y1 - X3 \cdot Y1 - X1 \cdot Y2 + X3 \cdot Y2 + X1 \cdot Y3 - X2 \cdot Y3} \\
 B1 &= \frac{X2 \cdot P1 - X3 \cdot P1 - X1 \cdot P2 + X3 \cdot P2 + X1 \cdot P3 - X2 \cdot P3}{X2 \cdot Y1 - X3 \cdot Y1 - X1 \cdot Y2 + X3 \cdot Y2 + X1 \cdot Y3 - X2 \cdot Y3} \\
 C1 &= \frac{X3 \cdot Y2 \cdot P1 - X2 \cdot Y3 \cdot P1 - X3 \cdot Y1 \cdot P2 + X1 \cdot Y3 \cdot P2 + X2 \cdot Y1 \cdot P3 - X1 \cdot Y2 \cdot P3}{X2 \cdot Y1 - X3 \cdot Y1 - X1 \cdot Y2 + X3 \cdot Y2 + X1 \cdot Y3 - X2 \cdot Y3}
 \end{aligned}
 \tag{式17}$$

$$\begin{aligned}
 X1 &= \text{real}[\Gamma1], Y1 = \text{Im}[\Gamma1] \\
 X2 &= \text{real}[\Gamma2], Y2 = \text{Im}[\Gamma2] \\
 X3 &= \text{real}[\Gamma3], Y3 = \text{Im}[\Gamma3]
 \end{aligned}$$

【0052】である。式16に、入力側の点INiでの反射係数を代入する事によって、入力側の点INiと出力側の点OUT1の組み合わせにおける入出力、位相、効率特性を計算することができる。

【0053】出力側の点OUT2, 3に対しても同様に上記計算を行うことで、入力側の点INiと出力側の点OUT2, 3の組み合わせにおける入出力、位相、効率特性を得ることができる。以上により、入力側の点INiと出力側の点OUT1, 2, 3の組み合わせ時の入出力、位相、効率特性が得られる。

【0054】次に上記で求めた入力側の点INiと出力側の点OUT1, 2, 3の組み合わせ時の入出力、位相、効率特性を用いて、入力側の点INi、出力側の点OUTiでの入出力、位相、効率特性を上記の計算手順に従って計算する。図6に出力反射係数の補間を行う際の模式図を示す。以上の方法により、入力側の点INiと出力側の点OUTiを組み合わせた時の入出力、位相、効率特性を得ることができる。

【0055】図7に反射係数の補間例を示す。図8に反射係数に関してデータを変換して得られたロードプルデータから反射係数に対する電力付加効率の計算結果と実測値を示す。良好な一致が見られており、本計算法の妥当性を確認した。

【0056】尚、本実施の形態においては、増幅器は、単位増幅器2, 4の2つの単位増幅器が縦続に接続されたものであるが、並列接続したものであっても同様に増幅器全体の総合特性を計算することができる。

【0057】このように、本実施の形態の増幅器の総合特性計算装置においては、単位増幅器が多段に縦続または並列接続された増幅器全体の総合特性を計算する増幅器の総合特性計算装置であって、各段の単位増幅器のロードプルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器の入出力に接続される負荷の反射係数を考慮に入れて、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータのいずれか少なくとも1つを計算する計算手段としての総合特性計算部8と、この総合特性計算部8が計算に用いるロードプルデータおよびSパラメータを、測定によって得られるロードプルデータおよびSパラメータから推定するデータ処理手段としてのデータ処

理部9とを備えている。そのため、計算に必要となる測定数、測定条件を大幅に削減する事が可能となる。これにより、増幅器全体の総合特性の温度依存性や周波数依存性などを簡便に計算することができる。

【0058】実施の形態2. 図9は本発明の増幅器の総合特性計算装置による実施の形態2の計算方法を説明する図である。本実施の形態では周波数が隣接する2波の信号または、デジタル変調波または、雑音に見立てたマルチキャリア信号を増幅した場合に生じる相互変調歪み、隣接チャンネル漏洩電力またはノイズ・パワー・レシオ(NPR: Noise Power Ratio)を求めるものであり、これらを、シングルキャリアの入出力、位相特性からフーリエ変換および逆フーリエ変換を用いて計算する。

【0059】本実施の形態の計算の流れについて説明する。まず、増幅器に加えられる入力信号の電圧を $V_i(t)$ とし、式18で表現する。なお、ここで、 f は周波数、 ρ は入力信号の複素振幅である。

【0060】

【数18】

$$V_i(t) = \text{Re}[\rho e^{j2\pi f t}] \tag{式18}$$

【0061】今、増幅器への入力信号として、相互変調歪みの解析では周波数間隔の狭い2波のCW信号、隣接チャンネル漏洩電力の解析ではデジタル変調された信号、NPR解析では白色雑音をそれぞれ用いる。これらの入力信号の波形を時間軸で観測すると、図9(a)に示すように、キャリアの周期に対してかなり短い間隔でビートをうつ信号である。入力信号はb点を中心にa点(最小値)からc点(最大値)まで変化する。出力信号は、図9(b)の入出力、位相特性に従って変化する。入出力の伝達特性を表現する振幅特性を $A(|\rho|)$ 、位相特性を $\theta(|\rho|)$ で表す。図9(b)において、入力信号はa点からc点まで変化する。それに対して出力信号は振幅特性 $A(|\rho|)$ 、位相特性 $\theta(|\rho|)$ に従って変化する。出力信号の電圧 $V_o(t)$ は、式19で与えられる。

【0062】

【数19】

$$V_o(t) = \text{Re}[A(|\rho|) \cdot e^{(j2\pi f t + j\theta(|\rho|))}] \tag{式19}$$

【0063】変調波やマルチキャリアはある占有帯域幅を有するため、その帯域内で振幅特性 $A(\rho)$ および位相特性 $\theta(\rho)$ の周波数依存性が小さい場合に、出力信号は式19で計算できる。入力信号のa点からc点までの変化に対し、出力信号の振幅は ΔP 、位相は $\Delta\phi$ だけ歪む。この歪みが増幅器の線形性を劣化させ、結果として出力信号のスペクトラムが広がる。従って、優れた線形性を得るためには、入力電力の広い範囲で振幅歪みおよび位相歪みを小さくしておく必要がある。ここで、 ΔP は振幅歪み(AM/AM変換)、 $\Delta\phi$ は位相歪み(AM/PM変換)と呼ばれ、非線形動作時の振幅および位相の線形動作時からの変化量で表現される。

【0064】本計算のフローチャートを図10に示す。まず、入力信号を定義する。この計算では入力信号 $g(m)$ は時間軸で定義した信号を用いる(ステップS4)。そのため、周波数軸で定義された信号 $G(n)$ は逆フーリエ変換を用いて時間軸に変換され、式20で与えられる(ステップS2、3および5)。また、増幅器で増幅された時間軸での出力信号 $g'(m)$ は、式18および19を用いることにより式21で与えられる(ステップS6、7)。周波数軸での出力信号(出力スペクトラム) $G'(n)$ は、式21をフーリエ変換することにより得られる(ステップS8、9)。即ち、式22が得られる。

【0065】

【数20】

$$g(m) = \sum_{k=0}^{N-1} G(k) e^{j2\pi mk/N} \quad \text{式20}$$

【数21】

$$g'(m) = A(|g(m)|) \cdot e^{j\theta(g(m))} \quad \text{式21}$$

$$\begin{aligned} ACP &= 10 \log \left(\frac{P_{adj}}{P_{total}} \right) \\ &= 10 \log \left(\frac{\sum_{n=n1}^{n2} |G(n)|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |G(k)|^2} \right) \end{aligned} \quad \text{式24}$$

【0071】NPRはマルチキャリアに見立てた雑音信号に狭いノッチを作り、その信号を増幅した際にノッチに漏れこんでくる電力を評価するパラメータである。信号の帯域幅を $B(=n2-n1)$ 、ノッチの幅を $W(=n2-n1)$ とし、 $0 \sim (N-1)$ の信号は周波数に対応している。マルチキャリア全体の信号の平均電力とノ

【数22】

$$G'(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} g'(k) e^{-j2\pi nk/N} \quad \text{式22}$$

【0066】ここで、相互変調歪み、隣接チャンネル漏洩電力、NPRは次のようにして求める。相互変調歪み(IM)は、周波数間隔の狭い2波の信号を増幅した場合に生じるスペクトラムの広がり起因するパラメータである。周波数 $f1$ での出力電力を P_{f1} [dBm]、周波数 $2f1-f2$ での出力電力を P_{2f1-f2} [dBm]、周波数 $3f1-f2$ での出力電力を P_{3f1-f2} [dBm]とすると、相互変調歪み $IM3$ 、 $IM5$ [dBc]はそれぞれ

【0067】

【数23】

$$\begin{aligned} IM3 &= P_{f1} - P_{2f1-f2} \\ IM5 &= P_{f1} - P_{3f1-f2} \end{aligned} \quad \text{式23}$$

【0068】で与えられる。相互変調歪み $IM3$ 、 $IM5$ は $f2$ 、 $2f2-f1$ 、 $3f2-2f1$ に対しても同様に計算でき、 $IM3$ 、 $IM5$ の値と比較し、悪い方の値をもって相互変調歪み $IM3$ 、 $IM5$ の値とする。

【0069】隣接チャンネル漏洩電力(ACP: Adjacent Channel Leakage Power)はデジタル変調波を増幅した場合に生じる帯域外への信号の漏れこみを評価するパラメータである。隣接チャンネル漏洩電力は、隣接チャンネルに漏れこむ電力量 P_{adj} を全体の電力量 P_{total} で割った値として定義される。全体の信号として、周波数に対応する $0 \sim (N-1)$ の信号があり、その中の $n1$ 番目から $n2$ 番目の信号が隣接チャンネルにあると仮定する。 n 番目の信号の出力が $|G(n)|$ とすると、隣接チャンネル漏洩電力は次式で与えられる

【0070】

【数24】

ッチに漏れこんでくる信号の平均電力との比としてNPRを定義する。出力信号を $G(n)$ とすると、NPRは次式で与えられる。

【0072】

【数25】

$$NPR = \frac{\sum_{n=n_1}^{n_2} 20 \log(|G(n)|)}{n_2 - n_1} - \frac{\sum_{n=n_1}^{n_1-1} \sum_{n=n_2+1}^{n_2} 20 \log(|G(n)|)}{(n_e - n_s) - (n_2 - n_1)} \quad \text{式 25}$$

【0073】このように、本実施の形態の増幅器の総合特性計算装置においては、計算手段としての総合特性計算部は、周波数が隣接する2波の信号、デジタル変調波、雑音に見立てたマルチキャリア信号を増幅した際に発生する相互変調歪み、または隣接チャンネル漏洩電力、またはノイズ・パワー・レシオを計算する。そのため、単位増幅器が多段に縦続接続された増幅器全体のおよび各段の歪み特性を、実施の形態1の結果を用いて計算することができる。

【0074】実施の形態3. 図11は本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態3を説明する為の総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。図11において、10は周波数変換回路や変調回路である。図11の回路および動作について説明する。入力端子6から入力されたベースバンド信号は周波数変換回路や変調器により、高周波信号へ変換される。高周波信号は増幅器2、4により増幅され、出力端子7へ導かれる。

【0075】このように、本実施の形態の増幅器の総合特性計算装置においては、増幅器の前段に周波数変換回路または変調回路が接続され、計算手段としての総合特性計算部は、周波数変換回路または変調回路を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算する。そのため、送信モジュールなどのシステムの総合特性の計算を行うことができる。

【0076】実施の形態4. 図12は本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態4を説明する為の総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。図12において、11は移相器である。図12の回路および動作について説明する。入力端子6から入力されたRF信号は移相器により、所望の位相変化が与えられた後、増幅器2、4で増幅され、出力端子7へ導かれる。

【0077】このように、本実施の形態の増幅器の総合特性計算装置においては、増幅器の前段に可変減衰器または移相器が接続され、計算手段としての総合特性計算部は、可変減衰器または移相器を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算する。そのため、送信モジュールなどのシステムの総合特性の計算を行うことができる。

【0078】実施の形態5. 図13は本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態5を説明する為の総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。図14は総合特性を計算する増幅器の他の例を構成を示す図である。図15は総合特性を計算する増幅器のさらに他の例

を構成を示す図である。図13乃至15において、12から14は段間整合回路である。図13乃至15の回路について説明する。入力端子6から入力された信号は単位増幅器2、4で増幅され、出力端子7へ導かれる。

【0079】図13乃至15で示す増幅器の動作について説明する。図13乃至15で示す増幅器の段間整合回路には、回路構成の異なる3種類の段間回路12から14が用いられている。段間回路12から14では、段間回路は分布定数素子で構成されている。そのため、単位増幅器2の出力反射係数および単位増幅器4の入力反射係数は周波数に対してそれぞれ異なる値となり、単位増幅器の入出力、位相、効率特性に影響を与える。その結果、増幅器全体の特性が変化する。

【0080】図16に、図13乃至15の増幅器の周波数に対する利得平坦性の計算結果を示す。図16の利得平坦性 ΔG は中心周波数で規格化した利得である。図17は、図13乃至15の隣接チャンネル漏洩電力特性の計算結果である。図16、17より、回路構成の異なる3種類の段間回路12から14を用いることで増幅器の特性が変化することが確認できる。

【0081】尚、本実施の形態においては、段間回路12から14の段間回路は分布定数素子で構成されているが、集中定数素子で構成されてもよい、このような構成においても、単位増幅器2の出力反射係数および単位増幅器4の入力反射係数は周波数に対してそれぞれ異なる値となり、単位増幅器の入出力、位相、効率特性に影響を与える。その結果、増幅器全体の特性が変化する。

【0082】このように、本実施の形態の増幅器の総合特性計算装置においては、整合回路が集中定数素子、分布定数素子またはSパラメータで定義され、計算手段としての総合特性計算部は、整合回路を構成する素子の値または回路構成を変えながら、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算する。そのため、所望の特性を有する増幅器を得ることができる。

【0083】実施の形態6. 図18は本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態6の計算アルゴリズムを示すフローチャートである。本実施の形態では、整合回路を構成する素子の値または回路構成を2回変化させて計算する場合を例に挙げて示す。

【0084】本実施の形態の動作について説明する。増幅器の総合特性を2回連続して計算している。1回目の計算では実施の形態1で示すようにデータ処理部、総合特性計算部の双方を用いて増幅器の総合特性を計算する。2回目の計算では、1回目の総合特性計算時に計算

して求めたロードブルデータを用いることで、データ処理を行わず、総合特性計算のみ行う。

【0085】このように、本実施の形態の増幅器の総合特性計算装置においては、計算手段としての総合特性計算部は、ロードブルデータおよびSパラメータに対して、増幅器の総合特性を複数回計算する前にあらかじめデータ処理を実行しておき、その後、総合特性を求める計算のみを連続して行う。このように、複数回、増幅器の総合特性を計算する場合は、はじめの1回のみロードブルデータの生成を行い、次回以降は1回目のロードブルデータの計算結果を流用することで、計算時間を短縮する事ができる。

【0086】

【発明の効果】この発明に係る増幅器の総合特性計算装置は、単位増幅器が多段に連続または並列接続された増幅器全体の総合特性を計算する増幅器の総合特性計算装置であって、各段の単位増幅器のロードブルデータおよびSパラメータを用い、各段の単位増幅器の入出力に接続される負荷の反射係数を考慮に入れて、増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータのいずれか少なくとも1つを計算する計算手段と、計算手段が計算に用いるロードブルデータおよびSパラメータを、測定によって得られるロードブルデータおよびSパラメータから推定するデータ処理手段とを備えている。そのため、計算に必要な測定数、測定条件を大幅に削減する事が可能となる。これにより、増幅器全体の総合特性の温度依存性や周波数依存性などを簡便に計算することができる。

【0087】また、計算手段は、周波数が隣接する2波の信号、デジタル変調波、雑音に見立てたマルチキャリア信号を増幅した際に発生する相互変調歪み、または隣接チャンネル漏洩電力、またはノイズ・パワー・レシオを計算する。そのため、単位増幅器が多段に連続接続された増幅器全体のおよび各段の歪み特性を、実施の形態1の結果を用いて計算することができる。

【0088】また、増幅器の前段に周波数変換回路または変調回路が接続され、計算手段は、周波数変換回路または変調回路を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算する。そのため、送信モジュールなどのシステムの総合特性の計算を行うことができる。

【0089】また、増幅器の前段に可変減衰器または移相器が接続され、計算手段は、可変減衰器または移相器を含めた増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算する。そのため、送信モジュールなどのシステムの総合特性の計算を行うことができる。

【0090】また、整合回路が集中定数素子、分布定数素子またはSパラメータで定義され、計算手段は、整合回路を構成する素子の値または回路構成を変えながら、

増幅器全体の利得、出力、消費電力、位相変化量、Sパラメータ、歪特性のいずれか少なくとも1つを計算する。そのため、所望の特性を有する増幅器を得ることができる。

【0091】さらに、計算手段は、ロードブルデータおよびSパラメータに対して、増幅器の総合特性を複数回計算する前にあらかじめデータ処理を実行しておき、その後、総合特性を求める計算のみを連続して行う。そのため、計算時間を短縮する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態1の計算アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図2】 総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。

【図3】 ゲート幅と最大安定利得(MSG)の関係を示す図である。

【図4】 飽和電力の値を示す図であり、(a)は計算値、(b)は測定によって得られた値を示す。

【図5】 入力反射係数を補間する際の模式図である。

【図6】 出力反射係数の補間を行う際の模式図である。

【図7】 反射係数の補間例を示す図である。

【図8】 反射係数に関してデータを変換して得られたロードブルデータから反射係数に対する電力付加効率の計算結果と実測値を示す図である。

【図9】 本発明の増幅器の総合特性計算装置による実施の形態2の計算方法を説明する図である。

【図10】 実施の形態2の計算のフローチャートである。

【図11】 本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態3を説明する為の総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。

【図12】 本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態4を説明する為の総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。

【図13】 本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態5を説明する為の総合特性を計算する増幅器の構成を示す図である。

【図14】 総合特性を計算する増幅器の他の例を構成を示す図である。

【図15】 総合特性を計算する増幅器のさらに他の例を構成を示す図である。

【図16】 図13乃至15の増幅器の周波数に対する利得平坦性の計算結果を示す図である。

【図17】 図13乃至15の隣接チャンネル漏洩電力特性の計算結果を示す図である。

【図18】 本発明の増幅器の総合特性計算装置の実施の形態6の計算アルゴリズムを示すフローチャートである。

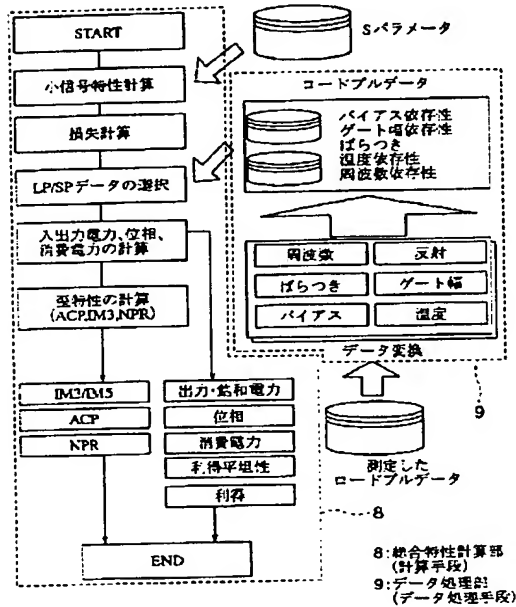
【図19】 従来の増幅器の総合特性測定方法を説明する図であり、(a)は2個の単位増幅器を縦続接続してなる増幅器の構成図を示し、(b)は説明に供する表を示している。

【図20】 従来の2段増幅器の出力電力を計算するフローチャートである。

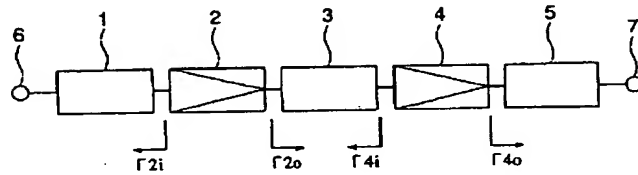
【符号の説明】

1 入力整合回路、2 単位増幅器、3 段間整合回路、4 単位増幅器、5 出力整合回路、6 入力端子、7 出力端子、8 総合特性計算部(計算手段)、9 データ処理部(データ処理手段)。

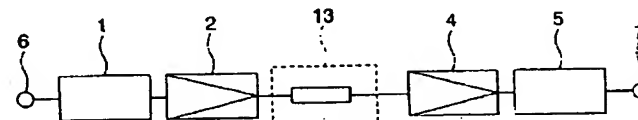
【図1】



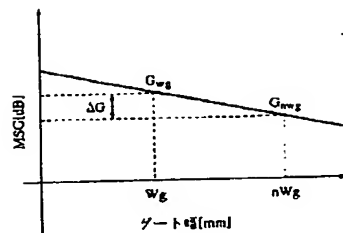
【図2】



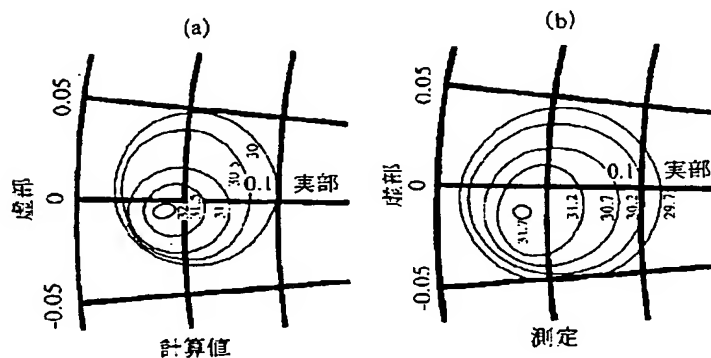
【図14】



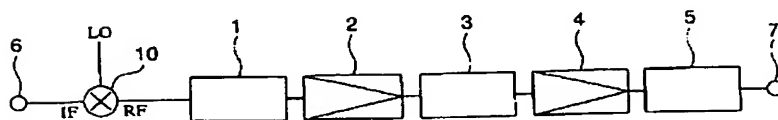
【図3】



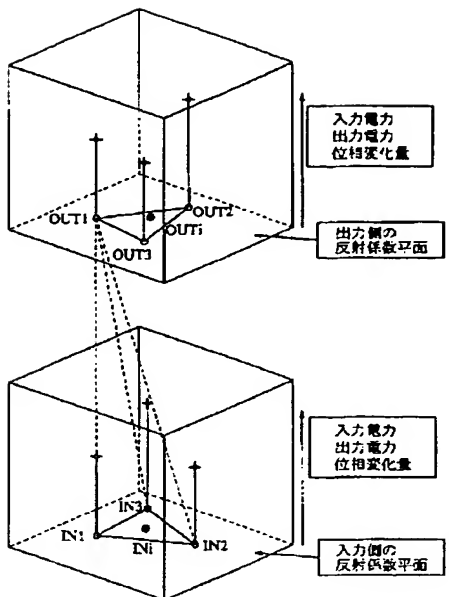
【図4】



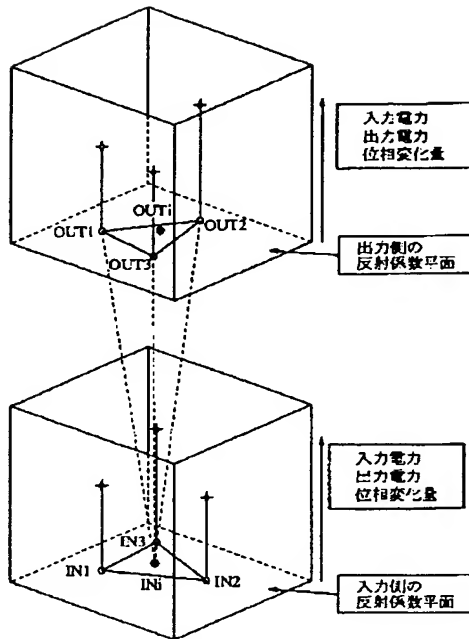
【図11】



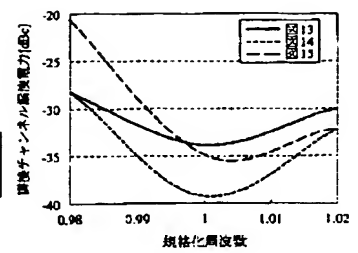
【図5】



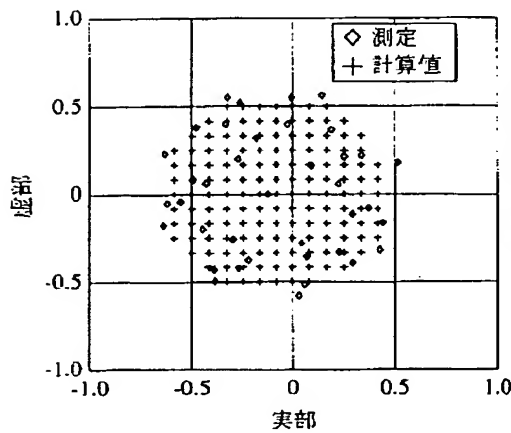
【図6】



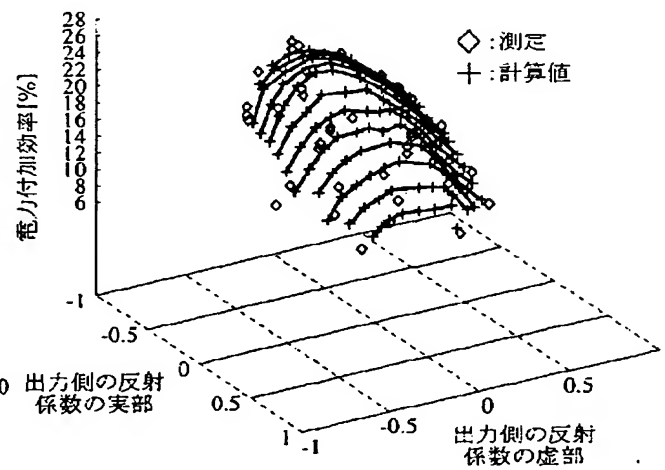
【図17】



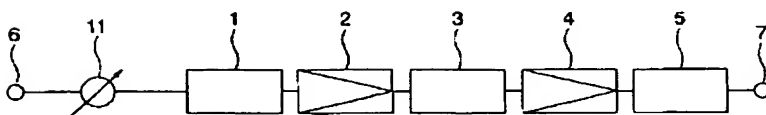
【図7】



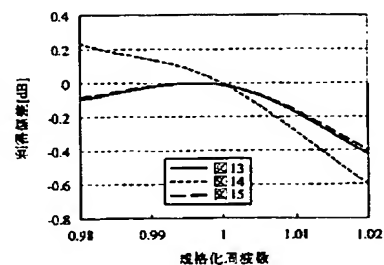
【図8】



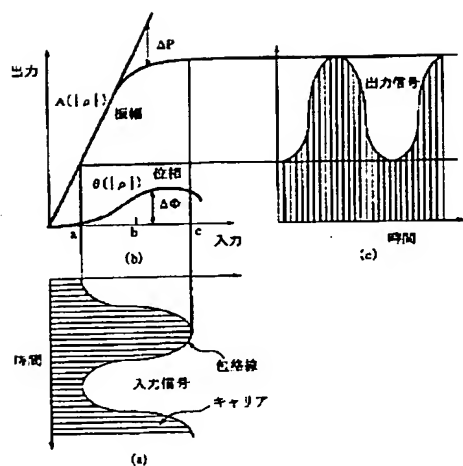
【図12】



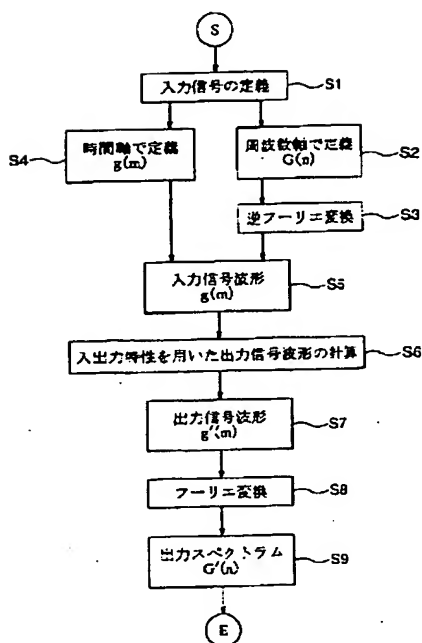
【図16】



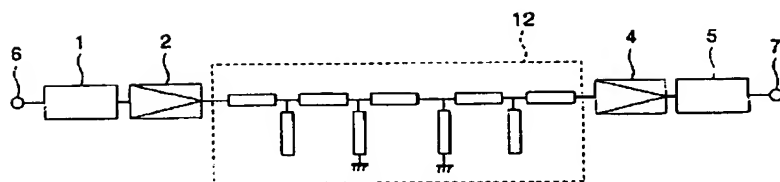
【図9】



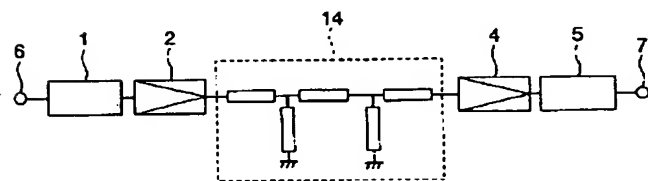
【図10】



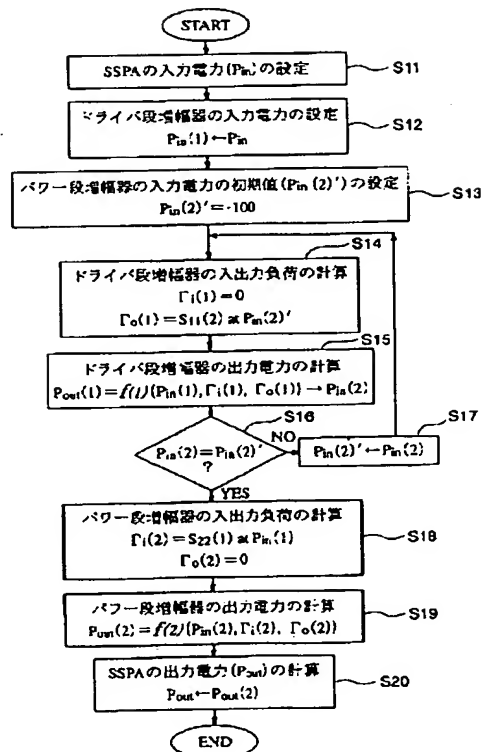
【図13】



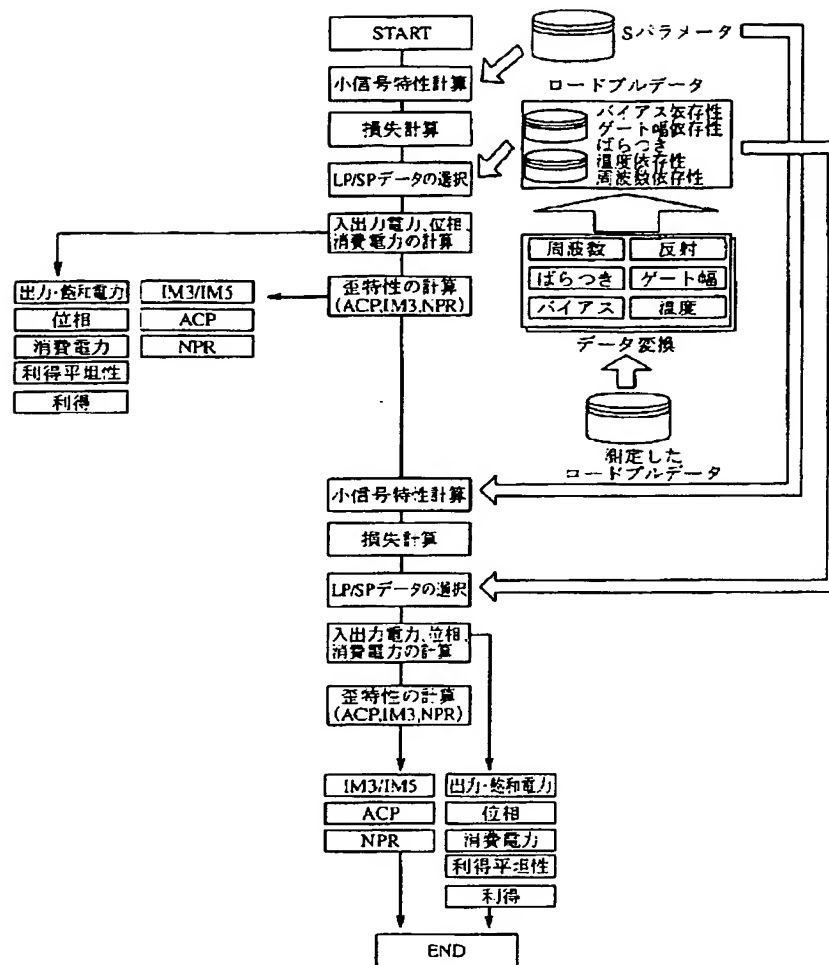
【図15】



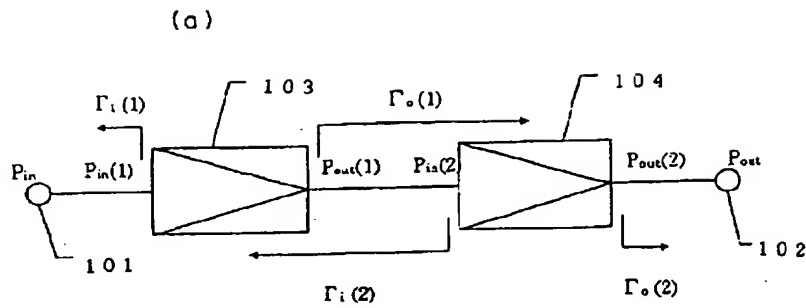
【図20】



【図18】



【図19】



(b)

	ドライバ段増幅器	パワー段増幅器
利得 [dB]	$G(1)$	$G(2)$
消費電力 [W]	$P_{dc}(1)$	$P_{dc}(2)$
入力電力 [dBm]	$P_{in}(1)$	$P_{in}(2)$
出力電力 [dBm]	$P_{out}(1)$	$P_{out}(2)$
位相変化量 [deg]	$\phi(1)$	$\phi(2)$
Sパラメータ	$S_{ij}(1)$	$S_{ij}(2)$

()内は何段目かを表示している

フロントページの続き

(72)発明者 山中 宏治
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

(72)発明者 檜枝 護重
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

(72)発明者 高木 直
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
 菱電機株式会社内

Fターム(参考) 2G028 AA01 AA05 BD05 CG01 CG15
 CG19 CG20 CG22 CG26 GL20
 LR20

2G036 AA05 AA06 AA09 AA10 AA28
 BA41 CA01

5J069 AA01 CA00 CA97 FA00 KA29
 KA33 KA6S MA08 TA01 TA02
 TA06 TA07

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)